نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۳۵۸-۳۴۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 343-358

مقاله پژوهشی

اثر سطوح مختلف کود گاوی، اوره و تلفیقی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به خشکی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

افسانه بدل‌زاده[۱]، عبدالرزاق دانش شهرکی[۲*]، مهدی قبادی‌نیا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۳۰

چکیده

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی ۱۳۹۳ –۱۳۹۲ انجام شد. سه سطح رژیم آبیاری شامل: آبیاری کامل (شاهد)، ۷۵ و ۵۰٪ نیاز آبی به‌عنوان فاکتور اصلی و شش سطح مصرف کود شامل: ۱) عدم مصرف کود (شاهد)، ۲) ۲۵٪ کود اوره+ ۷۵٪ دامی، ۳) ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی، ۴) ۷۵٪ کود اوره+ ۲۵٪ دامی، ۵) ۱۰۰٪ کود اوره و ۶) ۱۰۰٪ دامی به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثر متقابل رژیم آبیاری و کود بر میزان آب نسبت به وزن خشک، درصد میزان آب برگ، آب حفظ شده برگ، ظرفیت حفظ رطوبت، آب نسبی از دست رفته و عملکرد ماده خشک معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان آب نسبت به وزن خشک، درصد میزان آب برگ، آب نسبی از دست رفته و عملکرد ماده خشک در تیمار ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی با آبیاری کامل و بیش‌ترین میزان آب حفظ شده برگ و ظرفیت حفظ رطوبت در تیمار ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی با ۵۰٪ نیاز آبی مشاهده شد. در مجموع جهت حفظ تعادل رطوبتی گیاه، کاربرد ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی با تأمین نیاز آبی کامل گیاه توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تیره نعناعیان، عملکرد، عناصر غذایی، محتوی نسبی آب برگ، نیاز آبی

مقدمه

بادرشبو با نام علمی (*Dracocephalum moldavica* (L.) گیاهی علفی، یک‌ساله و متعلق به تیره‌ی نعناعیان Labiateae می‌باشد. جنس *Dracocephalum* در ایران هشت گونه‌ی علفی یک‌ساله و چندساله معطر دارد که برخی گونه‌ها انحصاری ایران هستند (Horn, 2014). این گیاه دارای گل‌های شهددار و اندام هوایی اسانس‌دار است. اسانس آن دارای خاصیت ضد باکتریایی بوده و برای مداوای دل درد، نفخ شکم و همچنین در صنایع غذایی، نوشابه‌سازی، صنایع بهداشتی و آرایشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مواد مؤثره پیکر رویشی این گیاه آرام‌بخش و اشتهاآور است. منشاء این گیاه جنوب سیبری و دامنه‌های هیمالیا گزارش شده است. همچنین در شمال غربی ایران، تبریز، ارومیه، یزد، مازندران (در جنگل‌های مرطوب) و در رشته کوه‌های البرز یافت می‌شود (Maham *et al*., 2013).

تقاضای روزافزون بشر برای گیاهان دارویی و نیاز صنعت داروسازی به این گیاهان منجر به توسعه کشت و افزایش عملکرد آن‌ها شده ولی تنش‌های غیر زنده به‌ویژه تنش خشکی، عامل اولیه کاهش عملکرد در دنیا می‌باشند (Shojaei and Makarian, 2014). پژوهش‌های متعددی حاکی بر کاهش رشد، عملکرد و مرگ گیاه در نتیجه شرایط نامساعد آبی یا تنش آبی وجود دارد. در این خصوص می‌توان به گزارش قلی زاده و همکاران (Gholizadeh *et al*., 2010) اشاره کرد که با بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه بادرشبو نشان دادند که وزن تر توده اندام‌های هوایی از ۲۸/۱۳ گرم در هر گیاه از تیمار آبیاری در ۴۰٪ آب قابل استفاده به ۳۶/۳۶ گرم در هر گیاه در تیمار آبیاری در ۸۰٪ آب قابل استفاده افزایش پیدا کرد. راداسی و همکاران (Radacsi *et al*., 2010) نیز اعلام کردند که با افزایش تنش خشکی، میزان آب نسبی برگ در گیاه بادرشبو کاهش یافت. محمدپور وشوایی و همکاران (Mohammadpour Vashavaei *et al*., 2015) در آزمایش گلخانه‌ای، اثر سه سطح آب خاک (۵۰، ۷۰ و ۹۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای) را بر گیاه آویشن مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که بیش‌ترین میزان پایداری غشاء در ۹۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای به‌دست آمد. عسگری و همکاران (Askary *et al*., 2017) اذعان داشتند که تنش خشکی ۵۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای میزان نسبی آب برگ و آب نسبی حفظ شده برگ آویشن را کاهش می‌دهد.

مدیریت مصرف عناصر غذایی نیز از جمله عواملی است که در

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۲- گروه مهندسی زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
۳- گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ar_danesh2000@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.67255.0

کنار مدیریت مصرف آب عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی و دارویی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اگرچه کودهای شیمیایی عناصر مورد نیاز گیاه را سریع‌تر و مؤثرتر در اختیار گیاهان قرار می‌دهند اما برای افزایش کیفیت محصولات به‌ویژه گیاهان دارویی و معطر استفاده از کودهای آلی بهتر از کودهای شیمیایی است (Rahimpour *et al*., 2018). کودهای آلی سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش نگه‌داری آب در خاک می‌شوند. کود دامی یکی از منابع کود آلی است که استفاده از آن در سیستم مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد. کودهای آلی به‌ویژه کودهای دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و به‌عنوان منابع غنی از عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌شمار می‌روند که این عناصر را به مرور در اختیار گیاهان قرار می‌دهند (Azarnia *et al*., 2015). یکی از مهم‌ترین انواع کودها در کشاورزی پایدار نیز استفاده از کودهای دامی می‌باشد که در سال‌های اخیر به‌دلیل تأکید بیش‌تر بر روی پایداری و کاهش اثرات زیست‌محیطی در جهان مورد توجه قرار گرفته است (Chezgi *et al*., 2018). نتایج تحقیقات پژوهشگران مختلف نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و دامی باعث افزایش درصد اسانس گیاه رازیانه شد (Safaei *et al*., 2013). بررسی تأثیر نظام‌های تغذیه‌ای گیاه بر کیفیت اسانس رازیانه هم بیان‌گر آن بود که بالاترین عملکرد اسانس با استفاده از کودهای شیمیایی، تلفیقی و آلی به‌ترتیب ۲۴، ۲۶، ۳۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Sharifi Ashoorabadi *et al*., 2011). پورعزیزی (Porazizi, 2011) نیز گزارش کرد که مقدار نیتروژن معدنی شده در تمامی سطوح کود تلفیقی به سطوح هم‌ارز آن‌ها از منابع کود اوره و گاوی بر این گیاه بیش‌تر بود. همچنین بررسی‌ها نشان داده‌اند که منابع ارگانیک مانند کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی می‌توانند به حاصل‌خیزی و افزایش تولید محصول منجر شود، زیرا این سیستم اکثر نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و کارایی جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش خواهد داد و می‌تواند به‌عنوان راهکاری برای کشاورزی جایگزین جهت تولید محصول و حفظ عملکردها در سطح قابل قبول مؤثر باشند (Shahsavani *et al*., 2016). بنابراین، با توجه به نتایج تحقیقات قبلی، این آزمایش برای بررسی واکنش گیاه بادرشبو در شرایط کمبود آب، ارزیابی عملکرد آن تحت این شرایط، واکنش آن به تیمارهای مختلف کودهای گاوی، اوره و تلفیقی در شرایط کمبود آب و بررسی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک این گیاه در شرایط تنش طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۳ -۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح رژیم آبیاری شامل: آبیاری کامل (شاهد)، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی به‌عنوان فاکتور اصلی و فاکتور فرعی شش سطح مصرف کود شامل: ۱) عدم مصرف کود (شاهد)، ۲) ۲۵٪ کود اوره + ۷۵٪ دامی، ۳) ۵۰٪ کود اوره + ۵۰٪ دامی، ۴) ۷۵٪ کود اوره + ۲۵٪ دامی، ۵) ۱۰۰٪ کود اوره و ۶) ۱۰۰٪ دامی با سه تکرار انجام شد. قبل از تهیه بستر بذر در اوایل بهار ابتدا با تهیه نمونه مرکب از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جداول ۱ و ۲). مقدار نیتروژن مورد نیاز با در نظر گرفتن نتایج آزمون خاک، کود دامی (جداول ۱ و ۲) و نیاز بادرشبو به نیتروژن (۸۰ کیلوگرم در هکتار) آبکار و همکاران (Abkar *et al*., 2020)، با توجه به تیمار مورد نظر، از منابع کود دامی و اوره محاسبه گردید. کودهای دامی عناصر غذایی را به‌تدریج آزاد کرده و از هدررفت آن‌ها در اثر شستشو جلوگیری می‌کنند و باعث می‌شوند جذب آن‌ها توسط گیاه به بیش‌ترین مقدار صورت گیرد. این کودها علاوه بر این‌که منبع خوبی از عناصر غذایی هستند خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک را نیز بهبود می‌بخشند. کود گاوی با در نظر گرفتن درصد رطوبت و قابلیت دسترسی عناصر غذایی (۲۵٪) پورعزیزی (Porazizi, 2011) به‌طور کامل، قبل از کاشت و کود اوره در دو نوبت یک نوبت در مرحله چهار برگی و یک نوبت قبل از مرحله گل‌دهی به خاک اضافه شد. مقدار کود دامی مصرف شده نیز در کرت‌های ۱۰۰٪ دامی ۵۳/۲۵ کیلوگرم، ۵۰٪ دامی ۲۶/۶۲ کیلوگرم، ۷۵٪ دامی ۳۹/۹۳ کیلوگرم و ۲۵٪ دامی ۱۳/۳۱ کیلوگرم بود. نتایج آمار هواشناسی ایستگاه شهرکرد در طول اجرای آزمایش در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the soil

Cu	Fe	Mn	Zn	K	P	P.W.P	F.C	N	T.N.V	OC	pH (1:5)	EC $dS.m^{-1}$	بافت خاک (Soil texture)
($mg.kg^{-1}$)						درصد وزنی (٪) (by Weight %)		%					
1.09	3.28	7.66	0.58	296	13.8	9.07	24.51	0.082	30.5	0.702	7.77	0.740	لومی رسی سیلتی (Silty clay loam)

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود دامی در زمان شروع آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of manure at the start of trial

Cu	Mn	Fe	Zn	Moisture	T.N.V	O.C	Mg	Ca	Na	K_2O	P_2O_5	N	EC	pH
$(mg.kg^{-1})$				%									$dS.m^{-1}$	
19.48	109.57	324.09	80.39	35.90	17.5	49.51	0.79	1.98	3.49	0.983	0.392	1.029	9.280	8.30

جدول ۳- آمار هواشناسی ایستگاه شهرکرد طی اجرای آزمایش

Table 3- Meteorological statistics of Shahrekord station during the test

بارندگی (mm) Rainfall	میانگین رطوبت (٪) Mean humidity	حداقل درجه حرارت (°C) Minimum temperature	حداکثر درجه حرارت (°C) Maximum temperature	ماه‌های سال Months of the year
41.9	8.6	-6.4	24.5	April
16.4	13.6	-0.7	27.2	May
0	22.3	3.3	30	June
0	23.2	8.6	35.8	July
0	23.1	9	37	August

منبع: اداره هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری

Refrence: Meteorological Administration Chaharmahal & Bakhtiari

بذر بادرشبو، توده اصفهان، از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان تهیه و در اواخر فروردین ماه عملیات تهیه بستر و کاشت به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد. در هر کرت پنج ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم و فاصله هر بوته روی ردیف ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر و ابعاد هر کرت ۴ × ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. کشت بذور به‌صورت جوی و پشته در عمق یک تا دو سانتی‌متر انجام شد.

برای تعیین میزان آب آبیاری، با استفاده از مشخصات خاک و گیاه و رابطه (۱) حد پایینی آب سهل‌الوصول (θ_{MAD}) تعیین و سپس رطوبت خاک طی روزهای مختلف اندازه‌گیری می‌شد با نزدیک شدن رطوبت خاک به θ_{MAD} کمبود آب خاک با توجه به عمق ریشه با استفاده از رابطه (۲) تعیین و سپس با استفاده از رابطه (۳) حجم آب مورد نیاز برای تیمار شاهد مشخص می‌گردید (Bahmeh *et al*., 2015).

$$\theta_{MAD} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{pwp}) \times MAD \quad (۱)$$

$$d = (\theta_{FC} - \theta_{Soil}) \times D \quad (۲)$$

$$V = d \times A \times 1000 \quad (۳)$$

در روابط فوق، θ_{FC}: رطوبت حجمی ظرفیت زراعی مزرعه (درصد حجمی)، θ_{pwp}: رطوبت حجمی نقطه پژمردگی دائم (درصد حجمی)، θ_{Soil}: رطوبت حجمی خاک، MAD: ضریب تخلیه مجاز (درصد) که در این پژوهش ۵۰٪ در نظر گرفته شد، d: عمق کمبود آب (m)، D: عمق مؤثر ریشه گیاه مورد نظر (m)، V: حجم آب مورد نیاز (لیتر) و A: مساحت کرت (m^2) می‌باشد. نیاز آبی سایر تیمارها براساس نیاز آبی تیمار شاهد و با توجه به درصد تنش تعیین گردید. با استفاده از کنتور، حجم آب مورد نیاز به هر کرت اضافه گردید. رژیم‌های رطوبتی (تنش آبی) پس از استقرار گیاهچه‌ها و در مرحله ۸ برگی اعمال شد. در مرحله گل‌دهی کامل، درصد میزان آب برگ (LWC)[1]، میزان آب نسبت به وزن خشک (IWC)[2]، آب حفظ شده برگ (RWP)[3]، کمبود آب نسبت به حالت اشباع (نقصان اشباع) (WSD)[4]، میزان نسبی آب برگ (RWC)[5]، پایداری غشاء (CMS)[6]، ظرفیت حفظ رطوبت (MRC)[7]، آب نسبی از دست رفته (RWL)[8] و عملکرد ماده خشک (مجموع وزن خشک برگ، ساقه و سرشاخه گلدار) مورد بررسی قرار گرفتند. بدین منظور از هر کرت در مجموع شش نمونه برگی از سرشاخه گلدار جدا شده و در پلاستیک‌های زیپ‌دار و روی یخ قرار داده شد. بعد از انتقال به آزمایشگاه بلافاصله وزن تر (W_f) آن‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس برای به‌دست آوردن وزن اشباع نمونه‌ها (W_t) در ۲۰ میلی‌لیتر آب به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند. به‌منظور به‌دست آوردن وزن خشک (W_d)، نیز نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده و دوباره وزن شدند. سپس با استفاده از روابط (۴) تا (۱۰) صفات مورد مطالعه محاسبه گردید (Fathi *et al*., 2017).

$$RWC = [(W_f - W_d) / (W_t - W_d)] \times 100 \quad (۴)$$

$$LWC\% = \frac{w_f - w_d}{w_d} \times 100 \quad (۵)$$

$$WSD = \frac{w_t - w_f}{w_t - w_d} \times 100 \quad (۶)$$

$$RWL = (W_f - W_2/W_d)/(t_1 - t_2/60) \quad (۷)$$

$$IWC = \frac{w_f - w_d}{w_d} \quad (۸)$$

$$RWP = \frac{w_2 - w_d}{w_d - w_d} \times 100 \quad (۹)$$

1- Leaf water content

2- Index water content
3- Relative water protective
4- Water saturation deficit
5- Relative water content
6- Cell membrane stability
7- Moisture retention capacity
8- Relative water loss

$$MRC = \frac{w_f - w_2}{w_d} \times 100 \quad (۱۰)$$

که در آن‌ها W_d: وزن خشک برگ پس از قرار گرفتن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، W_t: وزن اشباع برگ پس از قرار گرفتن به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر، W_f: وزن تر برگ و t_1, t_2 زمان‌های لازم بر حسب ساعت برای پژمردگی و وزن خشک می‌باشد. به‌منظور تعیین میزان پایداری غشاء نیز در مرحله گل‌دهی کامل، شش نمونه برگی جوان از سرشاخه‌های گلدار تهیه و در پاکت زیپ‌دار بر روی یخ قرار داده شدند. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با استفاده از پانچ نمونه‌هایی از برگ‌ها تهیه و پس از شستشو با آب مقطر، با پنس درون فالکون‌های ضدعفونی شده ریخته و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه گردید. فالکون‌ها به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده شدند. روز بعد هدایت الکتریکی محلول (EC_1) با استفاده از دستگاه EC متر (مدل Winlab Data Windaus) ساخت کشور آلمان قرائت و سپس فالکون‌ها در اتوکلاو در دمای ۱۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند. پس از سرد شدن محلول‌ها مجدداً EC قرائت شد (EC_2). در نهایت میزان پایداری غشاء از رابطه (۱۱) محاسبه گردید (Bahmeh *et al.*, 2015).

$$EC = (EC_1/EC_2) \times 100 \quad (۱۱)$$

در نهایت تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver 9.4 و تعیین حروف معنی‌داری مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C ver 13 براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس آزمایش در جدول ۴ ارائه شده است. مطابق جدول نتایج نشان می‌دهد که اثر رژیم آبیاری و کود بر کمبود آب نسبت به حالت اشباع (WSD)، میزان آب نسبی برگ (RWC) و پایداری غشاء (CMS) معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی نیز بر درصد میزان آب برگ (LWC)، میزان آب نسبت به وزن خشک (IWC)، آب حفظ شده برگ (RWP)، ظرفیت حفظ رطوبت (MRC)، آب نسبی از دست رفته (RWL) و عملکرد ماده خشک (DMY) معنی‌دار شد.

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد بررسی بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به خشکی بادرشبو

Table 4- Results of variance analysis of the effect of evaluated treatments on some drought resistance physiological indices of Moldavian balm

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)								
		درصد میزان آب برگ (LWC)	میزان آب نسبت به وزن خشک (IWC)	آب حفظ شده برگ (RWP)	کمبود آب نسبت به اشباع (WSD)	میزان نسبی آب برگ (RWC)	پایداری غشاء (CMS)	ظرفیت حفظ رطوبت (MRC)	آب نسبی از دست رفته (RWL)	عملکرد ماده خشک (Dry matter yield)
بلوک (Block)	2	12.94^{ns}	6200.19^{ns}	9.17^{ns}	2.19^{ns}	2.19^{ns}	2.01^{ns}	9.17^{ns}	1.67^{ns}	2.29^{ns}
رژیم آبیاری (Irrigation regime)	2	8.19^{ns}	5602.82^{**}	21.50^{ns}	56.54^{**}	56.54^{**}	171.8^{**}	21.50^{ns}	15.08^{*}	37258.80^{**}
خطای a (Error a)	4	5.81	1183.75	18.76	0.24	0.26	7.62	18.76	8.17	22.25
کود (Fertilizer)	5	11.65^{*}	1493.15^{ns}	49.50^{*}	113.72^{**}	113.72^{**}	339.7^{**}	49.50^{*}	30.21^{**}	25358.30^{**}
رژیم آبیاری × کود (Irrigation regime× Fertilizer)	10	10.47^{*}	3301.37^{*}	30.94^{*}	3.12^{ns}	3.12^{ns}	5.70^{ns}	30.94^{*}	12.51^{**}	605.58^{**}
خطای b (Error b)	30	4.36	1123.30	13.46	4.15	4.15	10.05	13.46	3.81	21.97
ضریب تغییرات CV (%)		2.8	13.5	4.2	4.7	3.6	6.4	4.3	21.1	1.7

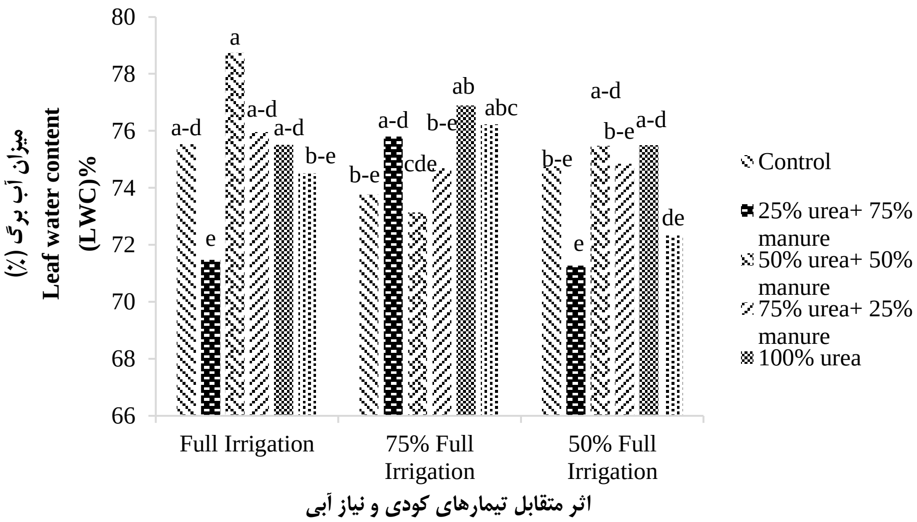
ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *,**: not-significant, significant at 5 and 1 percent level of probability, respectively.

درصد میزان آب برگ (LWC)

مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کود بر این صفت نشان داد که بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰٪ کود اوره+۵۰٪ دامی با آبیاری کامل بود که با تیمارهای ۲۵٪ کود اوره+۷۵٪ دامی با ۷۵٪ نیاز آبی، شاهد با آبیاری کامل، ۷۵٪ کود اوره+۲۵٪ دامی با آبیاری کامل، ۱۰۰٪ کود اوره با ۷۵٪ نیاز آبی و ۱۰۰٪ دامی با ۷۵٪ نیاز آبی

اختلاف معنی‌داری را نشان نداد و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۲۵٪ کود اوره+۷۵٪ دامی با ۵۰٪ نیاز آبی بود که با تیمارهای ۲۵٪ کود اوره+۷۵٪ دامی با آبیاری کامل، شاهد با ۷۵٪ و آبیاری کامل، ۵۰٪ کود اوره+۵۰٪ دامی با ۷۵٪ نیاز آبی، ۷۵٪ کود اوره+۲۵٪ دامی با ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی و ۱۰۰٪ دامی با آبیاری کامل و ۵۰٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (شکل ۱). نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران بر گیاه مرزه مطابقت دارد (Sodaiizadeh *et al.*, 2016). شادکام و مهاجری (Shadkam and Mohajeri, 2019) بر گیاه به لیمو نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها بیش‌ترین مقدار درصد آب برگ را از تیمار ۵۰٪ کود اوره+۵۰٪ دامی و نیاز آبی کامل گزارش کردند. همچنین این‌گونه توجیه کردند که کود اوره توانسته با جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی، بیش‌ترین درصد آب برگ را در گیاه ایجاد کند. از طرفی بیان نمودند که علت افزایش این صفت به خاطر دسترسی بهتر عناصر غذایی در شرایط کود تلفیقی می‌باشد. نتایج همبستگی صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که درصد میزان آب برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با میزان آب نسبت به وزن خشک (r=۰/۸۸) در سطح آماری ۱٪ داشت (جدول ۷).



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر درصد میزان آب برگ

میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Figure 1- Mean comparisons of the evaluated treatments interaction on the percentage of leaf water content

Means having the same letter have no statistically significant difference at 5% probability level based on LSD test.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به خشکی بادرشبو

Table 5- Mean comparisons of the effect of different irrigation regimes on some drought resistance physiological indices of Moldavian balm

پایداری غشاء (mμ.cm) (CMS)	میزان نسبی آب برگ (٪) (RWC)	کمبود آب نسبت به حالت اشباع (٪) (WSD)	تیمار Treatment
52.89 a	58.64 a	41.35 c	آبیاری کامل Full Irrigation
48.22 b	56.25 b	43.74 b	۷۵٪ نیاز آبی 75% Full Irrigation
47.06 b	55.18 b	44.81 a	۵۰٪ نیاز آبی 50% Full Irrigation

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

Same letters in each column represent no significant difference at 5% probability level based on LSD test.

جدول ٦- مقایسه میانگین برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به خشکی بادرشبو تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Table 6- Mean comparison of some drought resistance physiological indices of Moldavian balm under the effect of different fertilizer treatments

تیمار Treatment	کمبود آب نسبت به حالت اشباع (٪) (WSD)	میزان نسبی آب برگ (٪) (RWC)	پایداری غشاء (mμ.cm) (CMS)
شاهد (عدم مصرف کود) Control (no fertilizer)	48.22 a	51.77 d	43.52 c
۲۵٪ کود اوره + ۷۵٪ دامی 25% urea + 75% manure	40.60 cd	59.39 ab	50.34 b
۵۰٪ کود اوره + ۵۰٪ دامی 50% urea + 50% manure	41.88 c	58.11 b	49.85 b
۷۵٪ کود اوره + ۲۵٪ دامی 75% urea + 25% manure	44.55 b	55.44 c	47.82 b
۱۰۰٪ کود اوره 100% urea	45.89 b	54.10 c	44.27 c
۱۰۰٪ دامی 100% manure	38.67 d	61.32 a	60.55 a

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

Same letters in each column represent no significant difference at 5% probability level based on LSD test.

جدول ۷- ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه تحت تأثیر تیمارهای مورد بررسی

Table 7- Correlation coefficients of the studied traits under the effect of evaluated treatments

صفات Traits	درصد میزان آب برگ (LWC)	میزان آب نسبت به وزن خشک (IWC)	آب حفظ شده برگ (RWP)	کمبود آب نسبت به حالت اشباع (WSD)	میزان نسبی آب برگ (RWC)	پایداری غشاء (CMS)	ظرفیت حفظ رطوبت (MRC)	آب نسبی از دست رفته (RWL)	عملکرد ماده خشک (DMY)
درصد میزان آب برگ Leaf water content	1								
میزان آب نسبت به وزن خشک Index water content	0.88**	1							
آب حفظ شده برگ Relative water protective	-0.18 ns	-0.37 ns	1						
کمبود آب نسبت به حالت اشباع Water saturation deficit	0.13 ns	0.07 ns	-0.36 ns	1					
میزان نسبی آب برگ Relative water content	-0.13 ns	-0.07 ns	0.36 ns	-1**	1				
پایداری غشاء Cell membrane stability	-0.09 ns	-0.03 ns	0.16 ns	-0.91**	0.91**	1			
ظرفیت حفظ رطوبت Moisture retention capacity	-0.18ns	-0.37ns	1**	-0.36 ns	0.36 ns	0.16 ns	1		
آب نسبی از دست رفته Relative water loss	-0.002ns	0.12ns	0.21 ns	-0.89 **	0.89 **	0.87**	0.21 ns	1	
عملکرد ماده خشک Dry matter yield	0.21 ns	0.24ns	0.15 ns	-0.51 *	0.51 *	0.30 ns	0.15 ns	0.55 *	1

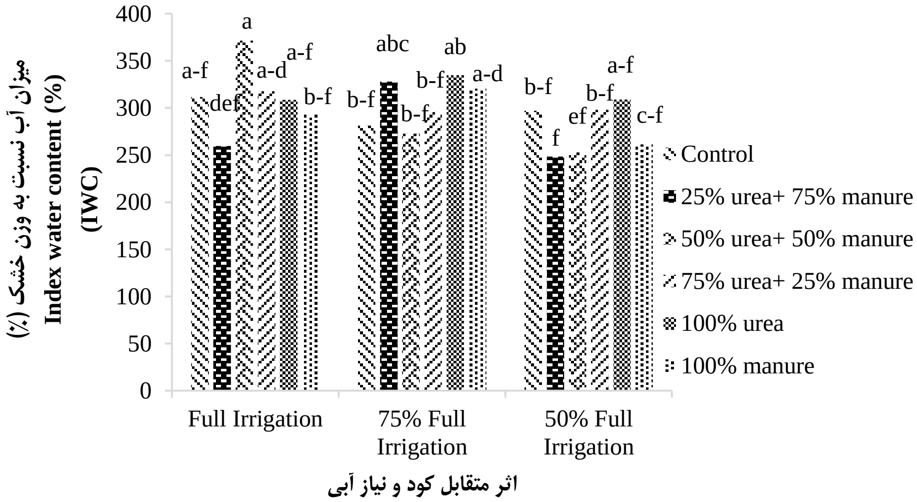
ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *,**: Not-significant, significant at 5 and 1 percent level of probability, respectively.

میزان آب نسبت به وزن خشک (IWC)

مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کود بر این صفت نشان داد که بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی با نیاز آبی کامل و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۲۵٪ کود اوره+ ۷۵٪

دامی با ۵۰٪ نیاز آبی بود (شکل ۲). نتایج این مطالعه با نتـایج دیگـر پژوهشگران بر گیاه مرزنجوش یک‌ساله مطابقت دارد (Farsi *et al.*, 2017). آن‌ها بیش‌ترین میزان آب نسبت به وزن خشـک را در تیمـار ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی با نیاز آبی کامـل بیـان کردنـد. قربـانلی و همکاران (Ghorbanli *et al.*, 2011) نیز با مطالعه بر گیاه سیاه‌دانـه به همین نتیجه رسیدند. آن‌ها بیان کردند که با افزایش تـنش میـزان آب نسبت به وزن خشک کاهش پیدا می‌کنـد زیـرا در شـرایط تـنش رطوبتی با بسته شدن سریع‌تر روزنه‌های برگ‌هـا، آب بـرگ بـیش‌تـر حفظ شده و درصد کاهش رطوبت آن‌هـا پـایین مـی‌یابـد. قربـانلی و همکاران (Ghorbanli *et al.*, 2011) با بررسی ارتباط بـین هـدایت روزنه‌ای، مصرف آب و میـزان رشـد بـرگ در طـی خشـک شـدن و مرطوب شدن خاک در سیاه‌دانه مشخص کردند که بـا خشـک شـدن خاک، هدایت روزنه‌ای کاهش یافته و میزان تعرق بـرگ نیـز کـاهش می‌یابد.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر میزان آب نسبت به وزن خشک

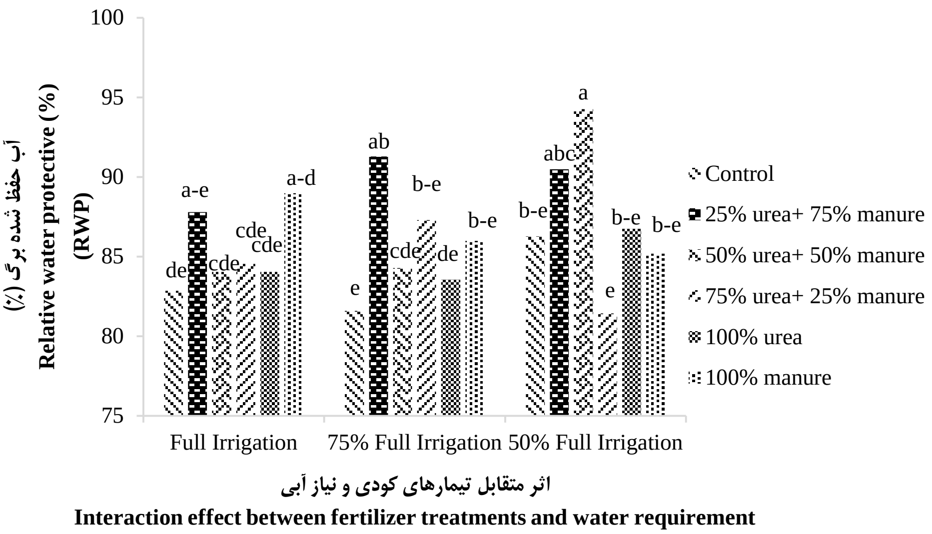
میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

Figure 2- Mean comparisons of the evaluated treatments interaction on the amount of water to the dry weight

Means having the same letter have no statistically significant difference at 5% level based on LSD test.

آب حفظ شده برگ (RWP)

مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کود بر این صفت نشان داد که بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی بـا ۵۰٪ نیاز آبی و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمـار ۷۵٪ کـود اوره+ ۲۵٪ دامی با ۵۰٪ نیاز آبی بود (شکل ۳). نتایج این مطالعه با نتـایج دیگـر پژوهشگران بر گیاه کاسنی مطابقت دارد (Hasanzadeh Gorttapeh *et al.*, 2020). آن‌ها بیش‌ترین مقدار آب حفظ شده برگ را در تیمـار ۵۰٪ کـود اوره+ ۵۰٪ دامـی بـا ۵۰٪ نیـاز آبـی مشـاهده کردنـد. سودائی‌زاده و همکـاران (Sodaiizadeh *et al.*, 2016) نیـز در گیـاه مرزه بیش‌ترین مقدار آب حفظ شده برگ را در تیمار ۵۰٪ کـود اوره+ ۵۰٪ دامی با ۵۰٪ نیاز آبی مشاهده کردند. آن‌ها گـزارش کردنـد کـه کاربرد تلفیقی کود شیمیایی به همراه کـود دامـی باعـث افـزایش آب حفظ شده برگ در گیاه مرزه شد که این امر را مربوط به اثر مفید کود دامی در افزایش عرضه عناصر غـذایی و در نتیجـه بهبـود فتوسـنتز و تسهیم بهتر مواد در مخازن عنوان کردند. بنابراین در سیستم تلفیقـی به‌دلیل فراهم شدن نیتروژن قابل دسترس ناشی از کود اوره در اوایـل فصـل رشـد و آزادسـازی تـدریجی عناصـر در کـود دامـی شـرایط ایده‌آل‌تری برای رشد گیـاه فـراهم مـی‌شـود. از طرفـی، تولیـد بهتـر نیتروژن در تیمارهای کود دامی و اوره با نسبتی برابر نیز می‌توانـد بـا تشدید رشد گیاه در افزایش آب حفظ شده برگ مؤثر باشد بـه همـین دلیل در کاربرد تلفیقی شرایط مناسب‌تری برای افزایش آب حفظ شده برگ وجود داشته است (Cheema *et al.*, 2010). نتـایج همبسـتگی صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که آب حفظ شده بـرگ همبسـتگی مثبت و معنی‌داری با ظرفیت حفظ رطوبت (r=۱) در سطح آماری ۱٪ داشت (جدول ۷).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر آب حفظ شده برگ

میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

Figure 3- Mean comparisons of the evaluated treatments interaction on relative water protective

Means having the same letter have no statistically significant difference at 5% level based on LSD test.

کمبود آب نسبت به حالت اشباع (نقصان اشباع) (WSD)

مقایسه میانگین رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این صفت به‌ترتیب از تیمار ۵۰٪ و آبیاری کامل به‌دست آمد این در حالی است که بین سطوح مختلف رژیم آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. این صفت نسبت به شاهد ۳/۴۶٪ افزایش را نشان داد (جدول ۵). نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران بر گیاه زیره سبز مطابقت دارد (Ghanbari *et al.*, 2015). آن‌ها بیان کردند که بیش‌ترین مقدار کمبود آب نسبت به اشباع از نیاز آبی ۵۰٪ به‌دست آمد. تعویذی و همکاران (Tavizi *et al.*, 2018) نیز بیان کرد که تنش خشکی باعث کاهش کمبود آب نسبت به اشباع در گیاه زیره سبز می‌شود. علت این است که سلول‌های گیاهی، تنها زمانی قادر به رشد و تقسیم سلولی هستند که در وضعیت تورژسانس سلولی قرار داشته باشند و در اکثر گیاهان با کاهش درصد آب موجود در سلول به کم‌تر از ۹۰ درصد، تقسیم سلولی متوقف می‌شود بنابراین با افزایش مقدار کمبود آب اشباع در شرایط نیاز آبی کامل سرعت رشد گیاه کاهش می‌یابد.

مقایسه میانگین اثر کودهای دامی، شیمیایی و تلفیقی بر این صفت نشان داد که بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۱۰۰٪ دامی بود این در حالی است که بین سطوح مختلف کودی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶). نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران بر گیاه زیره سبز مطابقت دارد (Ghanbari *et al.*, 2015). آن‌ها بیان کردند که بیش‌ترین مقدار آب نسبت به اشباع از تیمار شاهد به‌دست آمد. شمس و همکاران (Shams *et al.*, 2012) نیز بیان کردند که کم‌ترین مقدار آب نسبت به اشباع در گیاه آویشن از تیمار ۱۰۰٪ دامی به‌دست آمد. علت این است که کود دامی باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری، افزایش تخلخل، مقدار ماده آلی و رطوبت خاک می‌شود و شرایطی را در خاک ایجاد می‌کند که ریشه‌های گیاه بتوانند مقدار بیش‌تری آب جذب نمایند و در نتیجه کمبود آب اشباع در بافت‌های برگ کم‌تر خواهد بود (Qian *et al.*, 2014). نتایج همبستگی صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که کمبود آب نسبت به حالت اشباع همبستگی منفی و معنی‌داری با میزان نسبی آب برگ (r=-۱)، پایداری غشاء (r=-۰/۹۱)، آب نسبی از دست رفته (r=-۰/۸۹) در سطح آماری ۱٪ و همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد ماده خشک (r=-۰/۵۱) در سطح آماری ۵٪ داشت (جدول ۷).

میزان نسبی آب برگ (RWC)

مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر میزان نسبی آب برگ نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این صفت به‌ترتیب به تیمار آبیاری کامل و ۵۰٪ نیاز آبی اختصاص داشت این در حالی است که بین سطوح مختلف رژیم آبیاری اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. این صفت نسبت به شاهد ۳/۴۶٪ کاهش را نشان داد (جدول ۵). نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران بر گیاه مرزه مطابقت دارد (Saeedinia *et al.*, 2019). مون و الیگری (Munne and Alegre, 2010) اثر تنش خشکی را بر گیاه بادرنجبویه بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که تنش خشکی موجب کاهش ۳۴٪ محتوای آب نسبی

برگ (RWC)، بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه سبب پایین آمدن جذب دی‌اکسید کربن و کاهش عملکرد گیاه گردید. همچنین آن‌ها اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی مقدار آب نسبی برگ (RWC) کاهش پیدا می‌کند و فرآیندهایی نظیر فتوسنتز، توسعه برگ و نیز تراکم و اندازه روزنه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند. کاهش مقدار محتوای آب نسبی برگ در اثر تنش کمبود آب از یک طرف به‌دلیل کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها و از طرف دیگر افزایش تعرق آب از طریق برگ‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به بسته شدن روزنه‌های برگ می‌شود که به نظر می‌رسد بین میزان محتوای رطوبت نسبی برگ و میزان رطوبت خاک رابطه مستقیم وجود دارد که با کاهش رطوبت خاک ایجاد تنش درصد محتوای رطوبت نسبی کاهش پیدا می‌کند (Heidari *et al*., 2015).

مقایسه میانگین اثر کودهای دامی، شیمیایی و تلفیقی بر میزان آب نسبی برگ نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت مربوط به تیمار ۱۰۰٪ دامی بود که با تیمار ۲۵٪ کود اوره+ ۷۵٪ دامی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد و کم‌ترین مقدار آن مربوط به تیمار شاهد بود که با سطوح مختلف تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری را نشان داد (جدول ۶). نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران بر گیاه به لیمو مطابقت دارد (Shadkam and Mohajeri, 2019). آن‌ها بیان کردند که این به خاطر نقش مثبت کود دامی در نگه‌داری آب در خاک است. همچنین با افزایش کود دامی میزان محتوای رطوبت نسبی برگ‌ها، فشار درون سلولی برای رشد سلول فراهم می‌شود و امکان اتساع دیواره سلولی را فراهم می‌سازد. بنابراین با افزایش میزان کود دامی و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله ظرفیت نگه‌داری آب در خاک، گیاه کمتر با خشکی مواجه بوده است و با مساعد شدن شرایط رشد از قبیل وجود آب و عناصر غذایی کافی، گیاه تمایل کم‌تری به سرمایه‌گذاری برای استحکام دیواره سلولی دارد و بیشتر شرایط را برای حفظ رطوبت فراهم می‌کند. نتایج همبستگی صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که میزان نسبی آب برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با پایداری غشاء (r=۰/۹۱)، آب نسبی از دست رفته (r=۰/۸۹) در سطح آماری ۱٪ و همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ماده خشک (r=۰/۵۱) در سطح آماری ۵٪ داشت (جدول ۷).

پایداری غشاء (CMS)

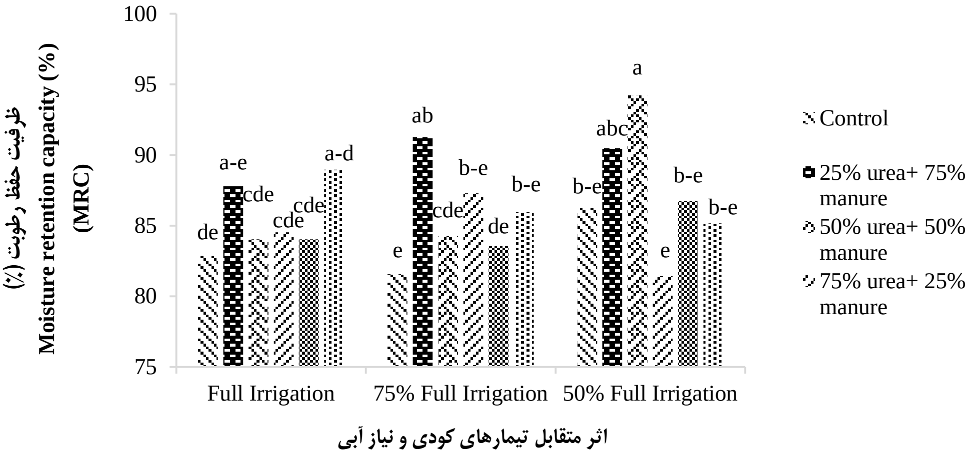
مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار این صفت به‌ترتیب از تیمار آبیاری کامل و ۵۰٪ نیاز آبی به‌دست آمد این در حالی است که بین سطوح مختلف رژیم آبیاری ۷۵٪ و ۵۰٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. این صفت نسبت به شاهد ۵/۸۳٪ کاهش را نشان داد (جدول ۵). نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران بر سه گیاه شوید، گشنیز و رازیانه همخوانی دارد (Amiri Deh Ahmadi *et al*., 2015). آن‌ها بیان کردند که با افزایش شدت تنش آبی میزان شاخص پایداری غشاء سیتوپلاسمی در برگ‌ها کاهش یافته است که شاید بتوان چنین استنباط کرد که گیاه هنگام مواجه شدن با تنش خشکی، با افزایش پایداری غشاء سیتوپلاسمی می‌تواند مقاومت به خشکی را در خود افزایش دهد. شادکام و مهاجری (Shadkam and Mohajeri, 2019) نیز علت تخریب دیواره سلولی در اثر تنش خشکی را چنین بیان کردند که در شرایط خشکی بسته شدن روزنه‌ها، باعث کاهش تثبیت دی‌اکسید کربن خواهد شد. در حالی‌که واکنش‌های نوری و انتقال الکترون در مقادیر طبیعی صورت خواهد گرفت تحت چنین شرایطی مقدار محدودی NADP برای پذیرش الکترون وجود خواهد داشت. بنابراین اکسیژن می‌تواند به‌عنوان یک گیرنده الکترون جایگزین عمل کند و این امر منجر به تجمع گونه‌های سمی اکسیژن نظیر رادیکال‌های سوپراکسید (O_2)، هیدروژن پراکسید (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH) می‌گردد. تجمع گونه‌های فعال اکسیژنی که در طی تنش تولید می‌شوند به بسیاری از ترکیب‌های سلولی نظیر چربی‌ها، پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند و در نتیجه پراکسید چربی‌ها به غشاء سلولی آسیب می‌زند (Heidari *et al*., 2015).

مقایسه میانگین اثر کودهای دامی، شیمیایی و تلفیقی بر میزان پایداری غشاء نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت به تیمار ۱۰۰٪ دامی اختصاص داشت که با سایر سطوح تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری را نشان داد و کم‌ترین مقدار آن به تیمار شاهد اختصاص داشت که با تیمار ۱۰۰٪ کود اوره اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۶). نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران بر گیاه آویشن همخوانی دارد (Babaee *et al*., 2016). علت این امر را می‌توان به این واقعیت نسبت داد که مصرف کودهای دامی باعث کاهش میزان فشردگی خاک و افزایش میزان تخلخل می‌گردد که در نهایت موجب بهبود ساختمان خاک، افزایش تهویه و ظرفیت نگه‌داری آب در خاک می‌شود. بدین ترتیب میزان آب قابل استفاده گیاه در خاک نیز افزایش می‌یابد. مجموعه عوامل مذکور باعث می‌شود تا رشد، گسترش ریشه و جذب عناصر غذایی افزایش یافته و میزان پایداری غشاء بهبود بخشد (Shadkam and Mohajeri, 2019). کیان و همکاران (Qian *et al*., 2014) نیز اظهار داشتند که کود گاوی موجب افزایش نفوذپذیری خاک، افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک، افزایش فعالیت میکروبی و مواد غذایی خاک و در نهایت منجر به افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شود.

نتایج همبستگی صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که پایداری غشاء همبستگی مثبت و معنی‌داری با آب نسبی از دست رفته (r=۰/۸۷) در سطح آماری ۱٪ داشت (جدول ۷).

ظرفیت حفظ رطوبت (MRC)

مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کود بر این صفت نشان داد که بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی با ۵۰٪ نیاز آبی و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۷۵٪ کود اوره+ ۲۵٪ دامی با ۵۰٪ نیاز آبی بود (شکل ۴). نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران بر گیاه مرزه مطابقت دارد (Farsi *et al*., 2017). آن‌ها بیش‌ترین مقدار ظرفیت حفظ رطوبت را در تیمار ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی با ۵۰٪ نیاز آبی مشاهده کردند. همچنین دلیل این موضوع، را بهبود کیفیت خاک و افزایش قابلیت دسترسی ریشه گیاه به عناصر غذایی فراهم شده توسط میکروارگانیزم‌های خاک بیان کرده‌اند که باعث افزایش حفظ ظرفیت رطوبت می‌شود. آن‌ها بیش‌ترین مقدار ظرفیت حفظ رطوبت را در تیمار ۲۵٪ کود اوره+ ۷۵٪ دامی مشاهده و گزارش کردند که سطوح تلفیقی با داشتن تلفیقی از کود آلی و شیمیایی بهبود کیفیت خاک و نیز آزاد شدن تدریجی عناصر افزایش پیدا می‌کند که این مسئله ظرفیت حفظ رطوبت را در گیاه افزایش می‌دهد. بنابراین تلفیق کودهای شیمیایی و آلی، در مقایسه با کاربرد هر یک از این کودها به تنهایی، علاوه بر افزایش عملکرد، باعث افزایش ظرفیت حفظ رطوبت گیاهان، افزایش جذب و کارایی عناصر نیز می‌گردد.



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر ظرفیت حفظ رطوبت

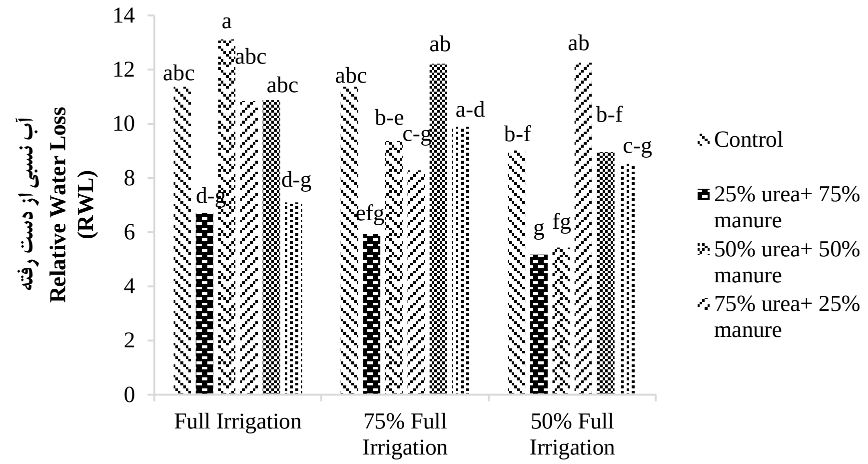
میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

Figure 4- Mean comparisons of the evaluated treatments interaction on moisture retention capacity

Means having the same letter have no statistically significant difference at 5% level based on LSD test

آب نسبی از دست رفته (RWL)

مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کود بر این صفت نشان داد که بیش‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی با نیاز آبی کامل و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار ۲۵٪ کود اوره+ ۷۵٪ دامی با ۵۰٪ نیاز آبی بود (شکل ۵). نتایج این مطالعه با نتایج دیگر پژوهشگران بر گیاه آویشن مطابقت دارد (Babaee *et al*., 2016). آن‌ها گزارش نمودند که با افزایش تنش خشکی میزان آب نسبی از دست رفته کاهش یافت. فارسی و همکاران (Farsi *et al*., 2017) بیان کرد که با افزایش تنش خشکی میزان آب نسبی از دست رفته در گیاه مرزنجوش یک‌ساله کاهش یافت. نتایج مطالعات نیز بر گیاه زیره سبز نشان داد که با افزایش تنش خشکی میزان آب نسبی از دست رفته کاهش می‌یابد (Karimi afshar *et al*., 2015). آن‌ها معتقدند که برگ‌های جدا شده از طریق روزنه‌ها آب خود را از دست داده و میزان از دست دادن آب با گذشت زمان و پژمرده شدن برگ‌ها و بسته شدن روزنه‌ها کاهش می‌یابد. ضمن این‌که آب در نمونه برگ‌های گرفته شده از گیاهانی که در معرض تنش واقع نشده‌اند خیلی سریع‌تر از گیاهانی که دچار تنش شده‌اند، از دست می‌رود. نتایج همبستگی صفات مورد مطالعه نیز نشان داد که آب نسبی از دست رفته همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ماده خشک (r=۰/۵۵) در سطح آماری ۵٪ داشت (جدول ۷).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر آب نسبی از دست رفته

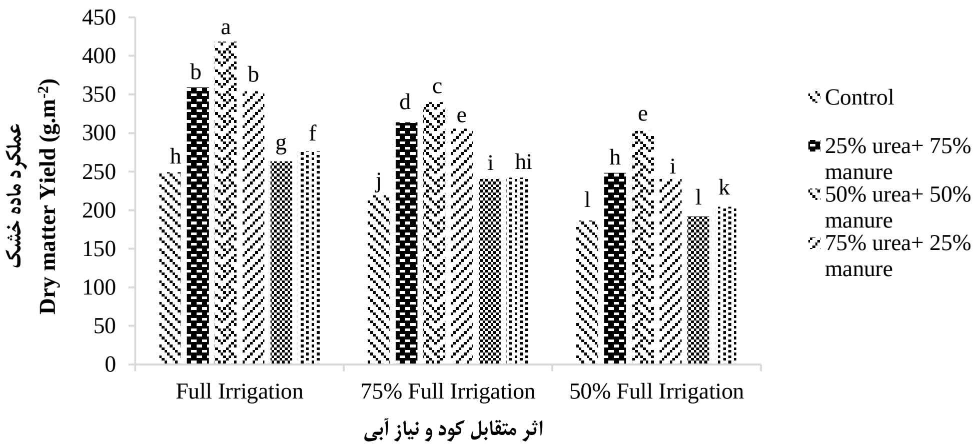
میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

Figure 5- Mean comparisons of the evaluated treatments interaction on relative water loss.

Means having the same letter have no statistically significant difference at 5% level based on LSD test.

عملکرد ماده خشک

مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و کود بر عملکرد ماده خشک نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت از تیمار ۵۰٪ کود اوره + ۵۰٪ دامی با ۱۰۰٪ نیاز آبی و کم‌ترین مقدار آن از تیمار شاهد با ۵۰٪ نیاز آبی به‌دست آمد (شکل ۶). نتایج این مطالعه با نتایج به‌دست آمده بر گیاه رازیانه مطابقت دارد (Mahfouz and Sharaf-Eldin, 2011). آن‌ها بیان کردند که سطوح تلفیقی با داشتن ۵۰٪ کود آلی و نیاز آبی کامل منجر به بهبود کیفیت خاک و نیز آزاد شدن تدریجی عناصر می‌شود. تنش آبی به علت تأثیر منفی بر طویل شدن، حجیم شدن سلول‌ها و کاهش مواد فتوسنتزی ساخته شده در گیاه تولید زیست‌توده را کاهش می‌دهد. در واقع بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک مرتبط با رشد، انتقال مواد فتوسنتزی، تقسیم و توسعه سلولی تحت تأثیر کاهش آب قرار گرفته و از طرفی اصولاً تنش آبی فتوسنتز را سریع‌تر و با شدت بیش‌تری نسبت به تنفس کاهش می‌دهد. به همین دلیل تنش خشکی موجب کاهش تجمع ماده خشک گیاهی می‌گردد.



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد ماده خشک

میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD فاقد تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Figure 6- Mean comparisons of the evaluated treatments interaction on Dry matter yield.

Means having the same letter have no statistically significant difference at 5% level based on LSD test.

در واقع استفاده از کودهای آلی موجب افزایش معنی‌دار حداکثر تجمع ماده خشک در مقایسه با شاهد شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تجمع ماده خشک در ۱۲۵ روز پس از سبز شدن در تیمار ورمی کمپوست و شاهد برابر ۶۹۳/۳۲ و ۴۹۵ گرم در مترمربع حاصل شد (Aminghafori *et al*., 2015). از دلایل دیگر افزایش ماده خشک در تیمارهای تلفیقی نیز (۵۰٪) فعالیت میکروبی بیشتر و همچنین افزایش سرعت تجزیه است که منجر به رشد بهتر گیاه می‌شود.

بنابراین در سیستم تلفیقی به‌دلیل فراهم شدن نیتروژن قابل دسترس ناشی از کود اوره در اوایل فصل رشد و آزادسازی تدریجی عناصر در کود دامی شرایط ایده‌آل‌تری برای رشد گیاه فراهم می‌شود. از طرفی، تولید بهتر نیتروژن در تیمارهای کود دامی و اوره با نسبتی برابر نیز می‌تواند با تشدید رشد گیاه در افزایش ماده خشک مؤثر باشد. به همین دلیل در کاربرد تلفیقی شرایط مناسب‌تری برای افزایش ماده خشک وجود داشته است. همچنین ترکیب کودهای آلی و غیر آلی، همزمانی آزاد سازی عناصر و نیاز گیاه را افزایش (Ahmadinejad *et al*., 2013) و تلفات عناصر را با تبدیل نیتروژن غیر آلی به شکل‌های آلی کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده در این آزمایش، می‌توان بیان کرد که نیاز آبی کامل باعث افزایش میزان آب نسبت به وزن خشک، میزان نسبی آب برگ، پایداری غشاء، آب نسبی از دست رفته و عملکرد ماده خشک شد اما از میزان کمبود آب نسبت به اشباع کاسته شد. از طرفی به‌کارگیری کاربرد ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی توانست باعث افزایش میزان درصد آب برگ، آب حفظ شده برگ، ظرفیت حفظ رطوبت، آب نسبی از دست رفته، میزان آب نسبت به وزن خشک و عملکرد ماده خشک گردد که این امر نشان‌دهنده اثر مثبت کاربرد تلفیقی کودها است. در مجموع با توجه به نتایج این پژوهش به‌منظور حفظ تعادل رطوبتی گیاه، کاربرد تلفیقی کودهای دامی و شیمیایی به‌صورت ۵۰٪ کود اوره+ ۵۰٪ دامی همراه با تأمین نیاز آبی کامل گیاه توصیه می‌گردد.

References

1. Abkar, A., Nabizadeh, E., and Roshdi, M. 2020. Study of yield and agronomic characteristics of *Dracocephalum moldavica* as affected by nitrogen level and micronutrients spraying. Journal of Plant Ecophysiology 12 (41): 108-119. (in Persian with English abstract).
2. Ahmadinejad, R.; Najafi, N., Aliasgharzad, N., and Oustan, Sh. 2013. Effects of organic and nitrogen fertilizers on water use efficiency, yield and the growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* cv. Alvand). Journals Management System 23 (2): 177-194. (in Persian with English abstract).
3. Aminghafori, A., Rezvani Moghadam, P., and Nasiri Mahalati, M. 2015. Effect of application of biological fertilizers and vermicompost of growth indices (*Ricinus communis*). The first national conference on sustainable agriculture and healthy crop production. Pages: 11-10. (in Persian with English abstract).
4. Amiri Deh Ahmadi, S. R., Rezvani Moghaddam, P., and Ehyaee, H. R. 2015. The Effects of drought stress on Morphological Traits and yield of Three Medicinal Plants (*Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Anethum graveolens*) in Greenhouse Conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 10 (1): 116-124. (in Persian with English abstract).
5. Askary, M., Behdani, M. A., Parsa, S., Jamialahmadi, M., and Mahmoodi, S. 2017. Effects of water stress and manure on stomatal conductance, relative water content, photosynthetic pigments and quantitative and qualitative yield of *Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 33 (5): 793-811. (in Persian with English abstract).
6. Azarnia, M., Safikhani, S., and Biabani, A. 2015. The effect of Bio-Fertilizer on Crops yield, sustainable agriculture and organic farming. Journal of Bio Safety 8 (2): 85-97. (in Persian with English abstract).
7. Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S., and Jabbari, R. 2016. Water deficit effect on morphology, prolin content and Thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26 (2): 239-257.
8. Bahmeh, F., Danesh Shahraki, A., Lorigooni, Z., and Ghobadinia, M. 2018. Effect of water deficit stress and seed biopriming on the physiological indices and antioxidant activity of tansey (*Tanacetum persicum* (Boiss.) Mozaff). Journal of Crop Ecophysiology 12 (3): 411-426. (in Persian with English abstract).
9. Farsi, M., Abdollahi, F., Salehi, A., and Ghasemi, Sh. 2017. Study of physiological characteristics of marjoram (*Origanum majorana*), as a medicinal plant in response to zinc levels under drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences 10 (4): 559-570. (in Persian with English abstract).
10. Fathi, H., Amiri, M. E., Imani, A., Hajilou, J., and Nikbakht, J. 2017. Tolerance almond genotypes on GN15 Rootstock to deficit irrigation stress on some physiological characteristics and leaf temperature. Journal of

Horticultural Science and Technology 18 (2): 159-176. (in Persian with English abstract).
11. Ghanbari, A., Bardel, J., and Khajeh, M. 2015. Evaluating some growth parameters, water relations and yeild of cumin (*Cuminium cyminum* L.) as affected by quality water irrigations and different fertilizers. Journal of Crop Ecophysiology 9 (1): 1-20. (in Persian with English abstract).
12. Gholizadeh, A., Amin, M. S. M., Anuar, A. R., Esfahani, M., and Saberioon, M. M. 2010. The study on the effect of different levels of zeolit and water stress on growth, development and essential oil content of moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.). American Journal of Applied Science 7 (1): 33–37.
13. Ghorbanli, M., Bakhshi Khaniki, G., Salimi Elizei, S., and Hedayati, M. 2010. Effect of water deficit and its interaction with ascorbate on proline, soluble sugars, catalase and glutathione peroxidase amounts in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26 (4): 466-476. (in Persian with English abstract).
14. Hasanzadeh Gorttapeh, A., Amirnia, R., and Heydarzadeh, S. 2020. The effect of manure application on physiological traits of *Cichorium intybus* L. Response to drought stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 30 (3): 133-146. (in Persian with English abstract).
15. Heidari, N., Pouryousef, M., and Tavakoli, A. 2015. Effects of drought stress on photosynthesis, its parameters and relative water content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology) 27 (5): 829-839. (in Persian with English abstract).
16. Horn, T. 2014. Genetic food diagnostics- approaches and limitations of species level diagnostics in flowering plants. PhD Thesis. University of Karlsruher, Germany, 108p.
17. Karimiafshar, A., Baghizadeh, A., and Mohammadnejad, Gh. 2015. Physiological assessment of drought tolerance of two ecotypes of cumin (*Cuminum Cyminum* L.) under greenhouse conditions. Journal of Soil and Plant Interactions Isfahan University of Technology 6 (3): 175-185. (in Persian with English abstract).
18. Maham, M., Akbari, H., and Delazar, A. 2013. Chemical composition and antinociceptive effect of the essential oil of *Dracocephalum moldavica* L., Pharmaceutical Sciences 18 (4): 187-192.
19. Mahfouz, S. A., and Sharaf-Eldin, M. A. 2011. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Int. Agrophysics 21: 361-366.
20. Mohammadpour Vashavaei, R., Galavi, M., Ramroudi, M., and Fakheri, B. A. 2015. Effects of drought stress and bio-fertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 7 (2): 237-253. (in Persian with English abstract).
21. Munne, S., and Alegre, L. 2010. Role of dew on the recovery of water stressed *Melissa officinalis* L. Journal of Plant Physiology 154 (5-6): 759-766.
22. Porazizi, M., 2011. The impact of integrated and conventional methods of fertilization on soil nitrogen mineralization, quantitiative and qualitative characteristics of *Sorghum Sudonese*. M.Sc, Master's degree in Agroecology, Faculty of Agriculture, Shahrekord University. (in Persian with English abstract).
23. Qian, X., Shen, G., Wang, Z., Guo, C., Liu, Y., Lei, L., and Zhang, Z. 2014. Co-composting of livestock manure with rice straw: Characterization and establishment of maturity evaluation system. Waste Manage 34: 530-535.
24. Radacsi, P. K., Inotai, S., Sarosi, P., Czovek, J., Bernath, E., and Nemeth, E. 2010. Effect of water supply on the physiological characteristic and production of Basil (*Ocimum basilicum* L.). European Journal of Horticultural Science 75: 193-197.
25. Rahimpour, M., Fallah, S., and Rafiolalhoseini, M. 2018. Substitution of inorganic fertilizer by animal manure reduces intrate accumulation and improves shelf life and nutrients contents of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Plant Process and Function Iranian Society of Plant Physiology 7 (24): 139-154. (in Persian with English abstract).
26. Saeedinia, M., Hosseinia, S. H., and Beiranvand, F. 2019. The Effect of water stress on evapotranspiration and morphological characteristics of *Satureja Hortensis*. Iranian Journal of Soil and Eeseach 50 (8): 2063-2072. (in Persian with English abstract).
27. Safaei, L., Afiuni, D., and Zeinali, H. 2013. Correclation relationships and path coefficient analysis between essential oil and essential oil components in 12 genotypes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29 (1): 187-200. (in Persian with English abstract).
28. Shadkam, Z., and Mohajeri, F. 2019. The interaction between irrigation interval with manure and vermicompost on vegetative characteristics and yield of Lemon Verbena (*Lippia citriodora* L.). Quarterly Journal of Plant Production Science 9 (1): 67-82. (in Persian with English abstract).
29. Shahsavani, Sh., Mahmoodi, M., Garanjeic, S., and Gran Malik, S. 2016. Study of the effect of combined application of manure and chemical fertilizers on some properties of Thompson novel organic juice. Journal of horticulture Science 29 (2): 321-314. (in Persian with English abstract).
30. Shams, A. G. A., Akbari, M. H., Lebaschi, G., Akbari, A., and Zeinali, H. 2012. Growth index of *Thymus daenensis* as influenced by nitrogen and chemical phosphorus in dry land. Annual of Biological Research 3 (6): 2854-2858.
31. Sharifi Ashoorabadi, E., Matin, A., Lebaschi, M. H., Abbaszadeh, B. 2011. Effects of nitrogen application methods on yield of Melissa (*Melissa officinalis*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 20

(3): 369-376. (in Persian with English abstract).

32. Shojaei, H., and Makarian, H. 2014. The effect of nano and non-nano zinc oxide particles foliar application on yield and yield components of mungbean (*Vigna radiate*) under drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (4): 727-737.
33. Sodaiizadeh, H., Shamsaie, M., Tajamoliyan, M., Mirmohammady, A. M., and Hakimzadeh, M. A. 2016. The effect of water stress on some morphological characteristics of *Satureja hortensis*. Journal of Plant Process and Function Iranian Society of Plant Physiology 5 (15): 1-12. (in Persian with English abstract).
34. Tavizi, H., Mahmoodi, S., and Eslami, S. V. 2018. Effect of drought stress and mouse barley (*Hordeum murinum* L.) competition on growth and yield of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under greenhouse conditions. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 11 (1): 107-115. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 4, Winter. 2022, p. 343-358

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۳۵۸-۳۴۳

The Effect of Different Levels of Manure, Urea and their Combination on Some Drought Resistance Physiological Traits of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) under Different Irrigation Regimes

A. Badalzadeh[1], A. Danesh Shahraki[2*], M. Ghobadinia[3]

Received: 16-11-2020
Accepted: 21-07-2021

Introduction

Water deficit is one of the factors limiting the growth of plants in the world and is the most common environmental stress. Several studies show decreasing in growth, yield and plant death as a result of unfavorable water or water stress conditions. Management of nutrients consumption along with water consumption management influences the quantitative and qualitative yield of crops and medicinal plants. Although, chemical fertilizers provide plant nutrients for the plants faster and more effective, but to increase the quality of products, especially the medicinal and aromatic plants, the use of organic fertilizers is better than chemical fertilizers. Organic fertilizers cause decreasing in bulk density and increasing water retention in the soil. Manure is one of the organic fertilizer sources which its application is conventional in the sustainable management system of soil. Organic fertilizers, especially manures compare with chemical fertilizers having large amounts of organic materials and counted as a rich source of nutrients especially nitrogen, phosphorus and potassium which provide these elements over the time for the plants.

Materials and Methods

A split plot experiment was carried out in a randomized complete block design with three replications at the research farm of Shahrekord University. Main factor was three levels of irrigation regimes including: full irrigation (control), 75% and 50% of full irrigation while six levels of manure application including: 1) no amended fertilizer (control), 2) 25% urea + 75% manure 3) 50% urea + 50% manure 4) 75% urea + 25% manure 5) 100% urea and 6) 100% manure, were used as subplot. Water need of the other treatments was considered based on the water demand of control. Using the counter, the volume of required water was added to each plot. The period between two irrigations was determined using meteorological data and determining daily water requirement and the moisture regimes (water stress) was applied after the establishment of seedlings at eight leaf stage. Then at full flowering stage, the percentage of leaf water content (LWC), the amount of water to the dry weight (IWC), leaf water-retaining (RWP), water scarcity index of saturation (saturation deficit) (WSD), leaf relative water content (RWC), membrane stability (CMS), moisture retention capacity (MRC), relative water loss (RWL) and dry matter yield (DMY) were studied.

Results and Discussion

The results showed that the effect of irrigation regime on IWC, WSD, RWC, CMS and RWL was significant. The maximum IWC, RWC, CMS and RWL and the minimum WSD was observed in full water demand and 50% full irrigation treatments, respectively. Different fertilizer levels also showed significant effect on LWC, RWP, WSD, RWC, CMS, MRC, RWL and DMY. The interaction effect between irrigation regime and fertilizer was also significant on IWC, LWC, RWP, MRC, RWL and DMY. In general, in order to maintain the moisture balance of plant, application of 50% urea + 50% manure with supply of full water demand was recommended.

Conclusion

Based on the results obtained at this experiment, it can be said that the complete water requirement caused increases in IWC, RWC, CMS, RWL and DMY, while the WSD was decreased. Moreover, application of 50%

1- Graduate Student of Agronomy, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
2- Department of Agronomy, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
3- Department of Water Engineering, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
(*- Corresponding Author Email: ar_danesh2000@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jcesc.2021.67255.0

urea + 50% manure could increase LWC, RWP, MRC, RWL, IWC and DMY, reflecting the positive effect of fertilizers combined application. In total, according to the results of this research, in order to maintain the moisture balance of the plant, the combined application of manure and chemical fertilizers for 50% urea + 50% manure and supply of full water demand is recommended.

Keywords: Lamiaceae, Nutrients, RWC, Water requirements, Yield